

**ÜBER KATHODENSTRAHLEN. NOBEL-
VORLESUNG. GEHALTEN IN
ÖFFENTLICHER SITZUNG DER
KÖNIGL. SCHWEDISCHEN AKADEMIE
DER WISSENSCHAFTEN ZU STOCKHOLM
AM 28. MAI 1906**

Published @ 2017 Trieste Publishing Pty Ltd

ISBN 9780649199464

Über Kathodenstrahlen. Nobel-Vorlesung. Gehalten in öffentlicher Sitzung der Königl. Schwedischen Akademie der Wissenschaften zu Stockholm am 28. Mai 1906 by P. Lenard

Except for use in any review, the reproduction or utilisation of this work in whole or in part in any form by any electronic, mechanical or other means, now known or hereafter invented, including xerography, photocopying and recording, or in any information storage or retrieval system, is forbidden without the permission of the publisher, Trieste Publishing Pty Ltd, PO Box 1576 Collingwood, Victoria 3066 Australia.

All rights reserved.

Edited by Trieste Publishing Pty Ltd.
Cover @ 2017

This book is sold subject to the condition that it shall not, by way of trade or otherwise, be lent, re-sold, hired out, or otherwise circulated without the publisher's prior consent in any form or binding or cover other than that in which it is published and without a similar condition including this condition being imposed on the subsequent purchaser.

www.triestepublishing.com

P. LENARD

**ÜBER KATHODENSTRAHLEN. NOBEL-
VORLESUNG. GEHALTEN IN
ÖFFENTLICHER SITZUNG DER
KÖNIGL. SCHWEDISCHEN AKADEMIE
DER WISSENSCHAFTEN ZU STOCKHOLM
AM 28. MAI 1906**

11
3
6

Hochansehnliche Versammlung!

Der Verpflichtung, im Sinne von ALFRED NOBELS Vermächtnis über die Kathodenstrahlen hier zu Ihnen zu reden, entspreche ich gern. Ich werde dabei von der Annahme ausgehen, daß Sie von mir am ehesten das hören möchten, was andere Ihnen nicht auch sagen könnten. Ich werde die Entwicklung des Gegenstandes — welcher auch die neueren Vorstellungen über die Elektrizität und die Materie in sich faßt — Ihnen so darstellen, wie sie von mir aus gesehen, als mein eigenes Erlebnis sich abgespielt hat.¹ Das wird mir die erwünschte Gelegenheit geben, die Abhängigkeit meiner Arbeit von der Anderer zu zeigen, umgekehrt aber mir auch erlauben, an ein oder zwei Punkten von den Beziehungen späterer oder nahe gleichzeitiger Arbeiten Anderer zu den meinigen zu reden. Ich will also — in dem Gleichnis, welches Sie, verehrte Kollegen von der Akademie der Wissenschaften, an die Spitze Ihres Mitgliederdiploms stellen² — jetzt nicht nur von den Früchten reden, sondern auch von den Bäumen, auf denen sie gewachsen sind, und von den Pflanzern dieser Bäume. Es ist mir dieser Weg für diese Gelegenheit um so mehr vorgezeichnet, als ich selber gar nicht immer zu Denen gehört habe, die die Früchte gepflückt haben, oder die sie zuerst gepflückt haben, sondern

¹ Ich habe mir dabei in den vorliegenden Blättern große Mühe gegeben, alle Publikationen, welche neue Fortschritte des Wissens zum erstenmal und in überzeugender Weise mir gebracht zu haben scheinen, historisch zu ihrem Rechte kommen zu lassen, auch dann, wenn ich sie seinerzeit für mich zu spät hatte kennen lernen.

² Vignette: Gärtner, junge Bäume pflanzend, dabei die Unterschrift: „Für Eterkommande“.

70031

wiederholt nur zu Denen, die die Bäume gepflanzt oder gepflegt haben, oder die geholfen haben, dies zu tun.

Aus der Reihe meiner Arbeiten darf ich in der gegebenen Zeit einige, bestimmte Stellen zu eingehenderem Verweilen herausgreifen.

Der Anfang führt mich 26 Jahre zurück und auf CROOKES. — Ich hatte dessen damaligen Vortrag über die „strahlende Materie“ (5)¹ — wie er die Kathodenstrahlen² nannte — gelesen, und großen Eindruck davon gehabt. Sie kennen gewiß



Fig. 1.

Alle seine Versuche. Hier (Fig. 1) ist einer zur Rück Erinnerung: Die Glasröhre mit sehr verdünnter Luft; die negativ elektrisierte Platte oder Kathode (a), an welcher die Strahlen entstehen; ein Kreuz (b), den Strahlen in den Weg gestellt, und hier der Schatten des Kreuzes (d), geworfen von den Strahlen auf die phosphoreszenzfähige Glaswand. Der Schatten verschiebt sich,

¹ Eingeklammerte Zahlen beziehen sich auf das Literaturverzeichnis am Schlusse; unter S. werden an einigen Stellen Seitenzahlen umfangreicher Publikationen angegeben werden.

² Nach FARADAY hatten bereits HERTZ (2) und dann GOLDSTEIN (4) die „Glimmlichtstrahlen“ oder „Kathodenstrahlen“ in zunehmender Deutlichkeit hervorgebracht und studiert. Was CROOKES mehr bringt als diese seine Vorgänger, hat er größtenteils durch Anwendung höherer Luftverdünnungen erreicht.

wenn man einen Magneten heranbringt; ein Zeichen, daß die Kathodenstrahlen — ganz anders wie Lichtstrahlen — im Magnetfelde gekrümmt werden.

Wenn ich in meinen Arbeiten stets großes Gewicht darauf gelegt habe, die zu studierende Erscheinung rein und frei von störenden Nebendingen hervorzubringen, ohne Rücksicht auf die dazu erforderliche Mühe oder Umständlichkeit, so hat das Gefühl hierfür schon bei CROOKES seine Nahrung gefunden. Denn er war es, der diese Kathodenstrahlen in einer Reinheit hervorbrachte, die alles Vorhergegangene genügend überbot, um zum ersten Mal es deutlich sehen zu lassen, daß man es hier mit einer Erscheinungswelt von ganz besonderer Eigenart zu tun habe, den übrigen Entladungserscheinungen gegenüber ausgezeichnet durch die anziehende Eigenschaft der Einfachheit. Was man sich nun freilich unter „strahlender Materie“ oder „viertem Aggregatzustand“, wie er es nannte, genau genommen vorzustellen habe, wollte mir damals nicht klar werden, ebensowenig als es — wir können das heute ruhig sagen — CROOKES selbst zurzeit klar gewesen sein konnte. Aber ich teilte vollkommen seinen Enthusiasmus, wenn er sagte: „Hier, so scheint's mir, liegen letzte Realitäten“; und wir haben Recht behalten; deshalb stehe ich heute hier!

Während meiner Studentenzzeit erhielt mein Interesse an diesen Dingen keine direkte Betätigung. Man hielt elektrische Gasentladungen nicht für das geeignete Studienobjekt von Anfängern, und ganz mit Recht. Hatten doch selbst gereifte Experimentatoren im Laufe der Jahre nach CROOKES auf diesem Gebiete nichts gefördert, was ihre Mühe recht gelohnt hätte. Sie waren nicht zu Erscheinungen gelangt, welche wieder mit unmittelbarer Deutlichkeit neue Einblicke gewährt hätten; sie waren eben in der Reinheit der Versuchsbedingungen nicht wesentlich über CROOKES hinausgekommen.

Später, als Assistent bei QUINCKE in Heidelberg, erhielt ich zuerst Gelegenheit und Mittel, eine aufs äußerste evakuierende Quecksilberluftpumpe zu bauen — eine damals durchaus noch nicht als regelmäßiges Inventarstück eines physikalischen Institutes geltende Vorrichtung — und damit selber Versuche über jene

Strahlen anzustellen. Ich wollte möglichst geradeaus vorwärts gehen, und dachte, es wäre doch schön, wenn man vor allem einmal diese Strahlen aus der Röhre heraus ins Freie treten lassen könnte; da würde man recht mit ihnen experimentieren können. — Man müßte dazu an der Röhrenwand einen für die Strahlen durchlässigen, aber luftdichten Verschuß anbringen. Strahlende Materie würde nun freilich schwer durch luftdichte Verschlüsse gehen, aber es könnte doch auch sein, daß EILHARD WIEDEMANN Recht hätte, welcher die Kathodenstrahlen als eine

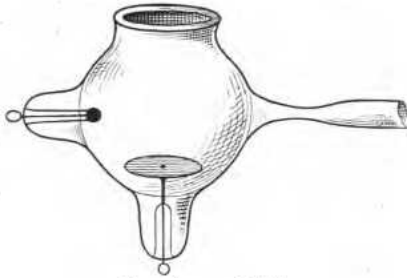


Fig. 2 (ca. natürl. Gr.).

Art von ultra-ultraviolettem Licht betrachtete. Schließlich schien mir Quarz als der für alle damals gut bekannten Strahlungen durchlässigste Körper am aussichtsvollsten. Hier (Fig. 2) ist die damals von mir hergestellte Röhre mit der Kathodenplatte, und oben daran die Öffnung, welche mit der 2,4 mm dicken Quarzplatte verschlossen wurde. Der Erfolg blieb aber aus; ich habe außerhalb des Quarzes weder Phosphoreszenzwirkungen, noch auch elektrische Wirkungen¹ gefunden, deren Ursprung nicht unzweifelhaft auf das aus der Röhre dringende Licht zurückzuführen gewesen wäre.

¹ HERTZ' Entdeckung solcher Wirkungen des ultravioletten Lichtes war damals eben schon gemacht gewesen (8).

Erst vier Jahre später, 1892, war eine neue Möglichkeit eingetreten. HERTZ, dessen Assistent ich damals geworden war, hatte gefunden, daß dünne Metallblätter für Kathodenstrahlen durchlässig seien (15). — Er benutzte die ganz dünnen, äußerst zarten und löcherigen Gold-, Silber-, Aluminiumblätter, welche für Buchbinderzwecke gemacht werden, wies aber nach, daß die Kathodenstrahlen nicht nur durch die Löcher, sondern auch wirklich durch den Stoff, durch das Metall der Blätter gehen. Eines Tages rief er mich zu sich — ein Ereignis, das zu meinem damaligen lebhaftesten Bedauern nur sehr selten eintrat — und zeigte mir die eben gefundene Erscheinung: Uranglas war mit Aluminiumblatt bedeckt im Innern einer Entladungsröhre und leuchtete, von oben bestrahlt, unter dem Blatt. Er sagte mir: „Man müßte — und ich möge es eventuell ruhig tun, da er doch verhindert sei — zwei Räume durch ein solches Aluminiumblatt trennen; in dem einen Raum wären die Strahlen zu erzeugen wie gewöhnlich, in dem andern Raum würden sie dann reiner als je vorher beobachtet werden können, und wenn auch wegen der Zartheit der Blätter wohl immer nur ein geringer Luftdruckunterschied zwischen den beiden Räumen sein dürfte, so könnte man vielleicht doch den Beobachtungsraum einmal völlig auspumpen, und sehen, ob dies der Ausbreitung der Kathodenstrahlen ein Hindernis wäre oder nicht: ob sie also Vorgänge in der Materie seien, oder aber Vorgänge im Äther.“ Diese letztere Entscheidung schien er für das allerwichtigste zu halten. — Ich habe den Versuch später auch ausgeführt; es lockte mich jedoch vor allem meine frühere Frage, die der Kathodenstrahlen in freier Luft. Die Zartheit der von HERTZ benutzten Blätter schreckte mich nicht; ich schichtete in einer darauf eingerichteten Röhre mehr und mehr solcher Blätter übereinander und fand, daß deren 10 und 15 noch immer ganz merklich durchlässig seien. Daraufhin verschaffte ich mir Aluminiumfolien, die von vornherein schon solche größere Dicke hatten, um zu sehen, ob sie dicht wären und den Luftdruck auszuhalten vermöchten. Es war auf genügend kleiner Fläche der Fall. Da nahm ich die alte Röhre wieder vor, setzte an Stelle des Quarzes eine Metall-

platte mit einem kleinen Loche auf, das seinerseits mit der Aluminiumfolie verschlossen war, streute einige Körnchen Erdalkaliphosphors auf dieses kleine Aluminiumfenster, erregte die Röhre, und siehe: die Körnchen leuchteten prächtig auf! Schnell waren sie etwas höher oben über dem Aluminiumfenster befestigt, und sie leuchteten auch dort noch ganz gut! Also: die Kathodenstrahlen waren herausgedrungen nicht nur aus dem Innern der Entladungsröhre, in das sie bis dahin immer gebannt gewesen waren, sondern — was kein Mensch voraussagen imstande gewesen wäre — sie zeigten sich auch fähig, ganze Luftstrecken von gewöhnlicher Dichte zu durchsetzen. Damit war es klar, daß ein neues und großes Gebiet der Untersuchung vor mir sich aufgetan habe, ein Gebiet noch nie gesehener Erscheinungen nicht nur, sondern auch eins, dessen Wege in die Tiefe zu führen versprochen, so sicher als jene Strahlung immer schon rätselhaft allem andern Bekannten gegenübergestanden war, und so sicher, als sie nun auf einmal ihrer Unzugänglichkeit beraubt war und als zugleich — was noch wichtiger schien — zum erstenmal völlig reine Versuche mit ihr möglich geworden waren. Vergleichen wir unsern Fall mit dem einer andern Strahlung, des Lichtes, so war es früher, als hätte man das Licht nur im Innern von Feueröfen und Flammen untersuchen können, wo es erzeugt wird, wie die Kathodenstrahlen in der Röhre. Wo wäre da das große und feine Gebäude der Optik geblieben?! Jetzt war ein Fenster an dem Feuerofen angebracht, durch welches das Licht aus ihm heraustreten konnte, rein, für sich allein, frei von den komplizierten und an sich ebenfalls erst noch zu untersuchenden Prozessen der Erzeugung, welche beschränkt bleiben auf das Innere der Entladungsröhre und welche, wie die Folge zeigte, in der Tat nicht früher dem Verständnis sich eröffneten, als bis erst das Studium der reinen Kathodenstrahlen genügend erledigt war. Eben dieses Studium hat auch — wie wir in historischer Reihenfolge sehen werden — zu all den weiteren, zum Teil sehr allgemein bekannt gewordenen Funden, den Röntgenschen Strahlen, der Radioaktivität und zu den neuen, vertieften Anschauungen über Elektrizität und Materie geführt.

Zuerst war nun gewissermaßen das Eingangstor in das neue Gebiet zu erweitern. Die Intensität der aus dem Fenster kommenden Strahlen mußte vergrößert, die Erzeugungsbedingungen mußten günstiger gestaltet werden, als es in jener ersten Röhre der Fall war. Dies führte zur Konstruktion der hier abgebildeten Röhre (Fig. 3), welche dann für viele Versuche diente (18). Wir sehen den Erzeugungsraum mit der Anode (*A*) und Kathode (*K*), den Verschuß (*m m*) mit dem Fenster, und jenseits davon den Beobachtungsraum, in welchen die Strahlen

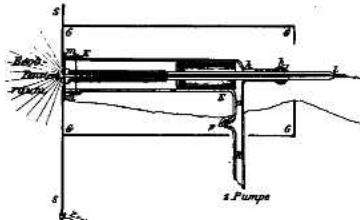


Fig. 3 (ca. $\frac{1}{5}$ natürl. Gr.).

hinaustreten. Der Erscheinungen, welche sich hier bieten, ist eine solche Fülle, daß, obgleich die nächstliegenden und auch die etwas weiter dahinter verborgenen nun wohl alle schon gefunden sind, sie doch auch heute noch längst nicht alle genügend auf ihre Konsequenzen verfolgt sind.

Vorauszuschicken ist, daß die Strahlen unmittelbar nicht sichtbar sind; es würde nichts nützen, das Auge an das Fenster zu bringen; dieses Organ ist für Kathodenstrahlen nicht eingerichtet. Dagegen Körper, die fähig sind, kalt selbstleuchtend zu werden, phosphoreszenzfähige Körper, wie man sie nennt, sind geeignet, die Strahlen sichtbar zu machen. Am besten benutzt man Papierblätter, die mit solchen Körpern, z. B. einem gewissen Keton, den Platincyanüren, oder einem Erdalkaliphosphor bedeckt sind, und hält sie als Schirm den Strahlen entgegen; Leuchten des Schirmes zeigt dann an, daß er von